

УДК 633.1.631.81

**Михайло ВІНІЧУК**

доктор біологічних наук, професор кафедри екології, Державний університет «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

**ORCID:** 0000-0002-8042-9282

**Юрій МАНДРО**

асистент кафедри екології, Державний університет «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

**ORCID:** 0000-0003-4621-0719

**Бібліографічний опис статті:** Вінічук, М., Мандро, Ю. (2021). Ефективність позакореневого підживлення картоплі сорту Джеллі сполуками цинку та мангану в умовах Полісся України. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 4, 17–23, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-4-3>

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ КАРТОПЛІ СОРТУ  
ДЖЕЛЛІ СПОЛУКАМИ ЦИНКУ ТА МАНГАНУ В УМОВАХ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ<sup>1</sup>**

Наведено результати дослідження ефективності позакореневого підживлення насаджень картоплі сорту Джеллі водними розчинами цинку, мангану та їх хелатованими аналогами в складі ЕДТА (комплексонати цинку та мангану) в різні фази росту та розвитку рослин. Дослідження проводились на дерново-середньопідзолистих глеюватих супіщаних ґрунтах Полісся, забруднених радіонуклідами після аварії на Чорнобильській АЕС.

Показано, що позакореневе підживлення насаджень картоплі розчином ЕДТА в першій половині вегетації (фаза сходів) забезпечує підвищення врожаю бульб картоплі в середньому за роки досліджень на 20%, а підживлення у фазі стеблуння – на 40%. Обприскування насаджень картоплі розчинами сульфату цинку та сульфату мангану у фазі стеблуння підвищувало вихід бульб порівняно з контрольним варіантом на 14%. У разі обприскування насаджень картоплі у фазі бутонізації-цвітіння статистично значуще зростання врожаю бульб (~30%) спостерігалось лише у випадку з розчином сульфату мангану. Удобрення насаджень картоплі розчинами досліджуваних елементів у фазі дозрівання бульб не впливало на величину їх урожаю.

В умовах засушливого 2015 року ефект від позакореневого підживлення насаджень картоплі мікроелементами виявився незначним. У разі обприскування насаджень розчином мангану врожайність бульб дослідного варіанта зростала на 20% за умов підживлення у фазі стеблуння та бутонізації-цвітіння. Хелатні форми мікроелементів (ЕДТА) підвищували врожайність бульб на 40% за умов обприскування насаджень у фазі сходів та стеблуння та на 20% за умов обприскування у фазі дозрівання.

Результати показують, що за умов обприскування насаджень картоплі, яка вирощується на дерново-середньопідзолистих глеюватих супіщаних ґрунтах Полісся розчинами цинку, мангану та їх хелатованими формами (ЕДТА), урожайність бульб, як правило, підвищується, хоча цей ефект залежить, зокрема, від погодних умов вегетації. Обприскування насаджень картоплі доцільно проводити в першій половині вегетації, а саме у фазі стеблуння. Також встановлено, що між концентрацією мікроелементів у бульбах картоплі та надходженням цезію-137 у бульби залежності відсутні, а концентрація цинку та мангану в бульбах картоплі в результаті удобрення, як правило, знижується, ймовірно, внаслідок ефекту «розбавлення».

**Ключові слова:** ґрунт, залізо, калій, манган, мідь, картопля, радіоцезій, цинк.

**Mykhailo VINICHUK**

Doctor of Biological Sciences, Professor at the Department of Ecology, Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005

**ORCID:** 0000-0002-8042-9282

**Yurii MANDRO**

Assistant at the Department of Ecology, Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005

**ORCID:** 0000-0003-4621-0719

<sup>1</sup> Подяка. Цей проєкт профінансовано Шведським управлінням із радіаційної безпеки.

**To cite this article:** Vinichuk, M., Mandro Yu. (2021). Efektyvnist pozakorenevoho pidzhyvlennia kartopli sortu Dzhelli spolukamy tsynku ta manhanu v umovakh Polissia Ukrainy. [The effect of foliar fertilization with zinc and manganese on the yield of potatoes when grown in Polissya of Ukraine]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 4, 17–23, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-4-3>

## THE EFFECT OF FOLIAR FERTILIZATION WITH ZINC AND MANGANESE ON THE YIELD OF POTATOES WHEN GROWN IN POLISSYA OF UKRAINE

*In this study we investigated the effect of foliar application of micronutrients with aqueous solutions of zinc, manganese and their chelated analogues as EDTA (zinc and manganese complexates) on the yield of Jelly potato cultivar.*

*Growing potato plants were fertilized at different phases of plant growth and development. The research was carried out on soddy-medium podzolic gley sandy soils of Polissya region contaminated with radionuclides after the Chernobyl accident.*

*It has been shown that the foliar fertilization of potato crops with EDTA solution at the first half of the growing season (leaf development) phase provides an increase in the yield of potato tubers on average over the years of study by 20%, and foliar fertilization in the main stem elongation phase increased the yield by about 40%. Spraying of potato crops with solutions of zinc sulfate and manganese sulfate in the main stem elongation phase increased the yield of tubers compared to the control treatment by about 14%. When potato crops were fertilized at the phase of flowering, a statistically significant increase in tuber yield ( $\approx 30\%$ ) was observed only in the case of manganese sulfate solution application. Foliar fertilization of potato crops with solutions of the studied elements in the fruit development phase of tubers did not affect the value of their yield.*

*In the extremely dry 2015, the effect of foliar fertilization of potato crops with trace elements was negligible. When spraying crops with a solution of manganese, the yield of tubers of the experimental treatment increased by about 20% when fertilized in the phase of main stem elongation and flowering. Chelated forms of microelements (EDTA) increased the yield of tubers by about 40% when spraying crops in the phase of leaf development and main stem elongation, and by 20% when spraying in the fruit development phase.*

*The generalization of the results shows that fertilization of potato crops grown on sod-medium-podzolic gley sandy soils of Polissya with solutions of zinc, manganese and their chelated forms (EDTA) increases the yield of potato tubers, although this effect seems to be dependent on the conditions. vegetation. Spraying of potato crops should be carried out in the first half of the growing season, namely in the main stem elongation phase. Data obtained also indicate that there is no relationship between the concentration of studied trace elements in potato tubers and the uptake of cesium-137 by tubers, and the concentration of zinc and manganese in potato tubers as a result of fertilization usually decreases with decreasing yield, probably due to the “dilution” effect.*

**Key words:** soil, iron, potassium, manganese, copper, potatoes, radiocaesium, zinc.

**Вступ.** Картопля (*Solanum tuberosum* L.) вирощується в усьому світі і є однією з найбільш важливих світових культур (із точки зору як використання її як продукту харчування, так і виробництва крохмалю). За обсягами виробництва картоплі Україна посідає третє місце після Китаю та Індії (FAO, 2020).

Картопля також забезпечує високий вихід продукції з одного гектара землі, особливо в умовах Полісся України, де вона є однією з найбільш урожайних культур. Високий вихід продукції вимагає особливої уваги до системи її удобрення для забезпечення балансу елементів живлення. Картопля потребує багато поживних речовин. Крім макроелементів, для картоплі необхідні мікроелементи, які не лише забезпечують нормальний розвиток та високу врожайність, а й відіграють життєво важливу роль у здоров'ї рослин та якості врожаю.

**Аналіз останніх досліджень.** Серед мікроелементів під час вирощування картоплі важливими є такі, як цинк (Zn), манган (Mn), залізо

(Fe), бор (B) та мідь (Cu). Із перелічених мікроелементів у бульбах, крім міді, найбільше мангану й цинку, менше – кобальту, йоду, нікелю та молібдену. Картопля є середньочутливою як до нестачі цинку, так і до нестачі мангану, і малочутлива до дефіциту міді. Згадані елементи можна вносити в ґрунт разом із мінеральними добривами, обробляти бульби їх розчином одночасно з протруюванням або обприскувати рослини в період вегетації разом із внесенням фунгіцидів.

Ефект від підживлення насаджень картоплі мікроелементами, зокрема цинком та манганом, залежить від умісту цих елементів у ґрунті. Приріст бульб спостерігається під час вирощування їх на ґрунтах із дефіцитом цих мікроелементів, тоді як підживлення насаджень картоплі, вирощуваних на ґрунтах із достатнім рівнем забезпеченості цими мікроелементами, не призводить до зростання врожайності бульб (Badillo-Feliciano, 1979). На супіщаних дерново-підзолистих ґрунтах

Полісся України ефективним є позакореневе підживлення насаджень картоплі мікроелементами у формі хелатів.

Також на врожайність та якість бульб позитивно впливає позакореневе внесення мангану (Hiller, 1995). Збільшення врожайності картоплі та підвищення вмісту сухої речовини в бульбах також спостерігається за умов сумісного використання цинку та мангану (Walworth, 1998). Поєднуючи ці елементи як позакореневе підживлення, спостерігається зростання кількості бульб, збільшення розмірів товарних бульб, маси, висоти рослин, урожайності та якості бульб, а саме вмісту білку (Mousa, 2009).

Відомо, що за умов обприскування рослин картоплі розчином цинку та мангану вміст обох елементів у бульбах зростає, тоді як вміст фосфору знижується (Mousavi, 2007), що свідчить про те, що мікроелементи, як-от цинк, можуть виявляти як синергічні, так і антагоністичні взаємодії з іншими макро- та мікроелементами. Відомо, що антагоністичні взаємодії можуть виникати між цинком та фосфором, зокрема, під час їх надходження в бульби картоплі (Barben, 2007).

Дерново-підзолисті ґрунти Полісся характеризуються порівняно невисоким вмістом мікроелементів, тому використання мікроелементів на цих ґрунтах може бути доцільним. Значна частина території Українського Полісся забруднена радіонуклідами. Крім підвищення врожайності, мікроелементи також можуть впливати на перехід радіонуклідів із ґрунту в рослини.

**Постановка завдання.** У роботі ми дослідили дію водних розчинів солей цинку і мангану та їх хелатованих форм на величину врожаю бульб картоплі та виявили залежності між концентрацією окремих мікроелементів у бульбах картоплі, врожайністю та величинами переходу радіонуклідів цезію-137 у бульби. Обприскування насаджень картоплі проводили в різні фази росту та розвитку рослин.

**Методика досліджень.** Дослідження проводились протягом 2014–2016 років на землях, забруднених радіонуклідами, на території селища Базар (Житомирська область) (51°03'19"N 29°17'54"E). Площа дослідної ділянки  $\approx 400 \text{ м}^2$ . Тип ґрунту – дерново-підзолистий, сильнogleйовий, супіщаний на воднольодовикових відкладеннях із низьким вмістом найбільш біологічно важливих мікроелементів (табл. 1).

Уміст обмінного калію та рухомого фосфору в ґрунті можна охарактеризувати як низький, а значення рН ґрунту (6,3) перебуває в межах, придатних для культури.

Обприскування насаджень проводили водними розчинами сірчаноокислого цинку ( $\text{ZnSO}_4$ ), сульфат мангану ( $\text{MnSO}_4$ ), а також хелатованими аналогами – комплексонатами металів, розчинами етилендіамінтетраоцтової (ЕДТА) кислоти з вмістом цинку та мангану 25% та 20% відповідно.

Сірчаноокислий цинк та сульфат мангану розчиняли у воді з розрахунку 200 г  $\text{ZnSO}_4$  на 80 літрів води та 300 г  $\text{MnSO}_4$  на 80 літрів води на 1 га відповідно, що забезпечувало концентрацію 0,05%. ЕДТА використовували за рекомендацією виробника: 0,5–1,0 л розчину, розчиненого у 80 літрах води на 1 га. Рослини обприскували з допомогою ручного помпового розпилювача об'ємом 2 л під тиском. Кількість розчину коригувалась на площу окремих ділянок експерименту. Мінеральні добрива в досліді не використовувались. Рослини обприскували чотири рази протягом вегетаційного періоду: повні сходи (1), стеблуння (2), бутонізація-цвітіння (3), дозрівання бульб (4).

Варіанти досліді: 1 – контроль; 2 – розчин сульфату цинку ( $\text{ZnSO}_4$ ); 3 – розчин сульфату мангану ( $\text{MnSO}_4$ ); 4 – ЕДТА (хелат, комплексон). Культура – картопля (*Solanum tuberosum*), середньоранній сорт Джеллі селекційної компанії Europlant Pflanzenzucht GmbH. Повторність досліді – чотирикратна.

Таблиця 1

**Концентрація окремих макро- та мікроелементів у ґрунті дослідної ділянки,  $M \pm SD$ ,  $n = 6$** 

мг/100 г ґрунту с.в.									
К		Р		Na		Ca		Mg	
AL*	HCl*	AL	HCl	AL	HCl	AL	HCl	AL	HCl
6,4 $\pm$ 1,3	34,2 $\pm$ 3,5	4,3 $\pm$ 0,71	33,4 $\pm$ 3,9	0,11 $\pm$ 0,08	1,7 $\pm$ 0,87	75,3 $\pm$ 13,0	126,6 $\pm$ 22,7	4,0 $\pm$ 0,91	41,1 $\pm$ 5,5

\*AL – легкодоступні форми; HCl – кислоторозчинні (загальна кількість)

Погодні умови за період досліджень на метеостанції Овруч представлені в таблиці 2.

Зразки (як бульб, так і ґрунту) аналізували на вміст заліза (Fe), калію (K), мангану (Mn), міді (Cu), цинку (Zn) та бору (B), мг/кг сухої ваги (с.в.) масспектрометричним методом (ICP, Optima 7300 DV). Зразки рослин та ґрунту також аналізувались на вміст <sup>137</sup>Cs із використанням детектора NaI. Коефіцієнт біологічного накопичення (далі – КН) – відношення вмісту елемента в бульбах картоплі (мг/кг) до вмісту в ґрунті (мг/кг). Коефіцієнти переходу <sup>137</sup>Cs

(КП, м<sup>2</sup>/кг) – відношення активності концентрації радіонукліду в бульбах картоплі (Бк/кг) до щільності забруднення ґрунту (Бк/м<sup>2</sup>).

**Результати досліджень.** У таблиці 3 наведені рівні врожайності бульб картоплі після збирання врожаю залежно від фаз росту та розвитку рослин, під час яких здійснювалось їх позакореневе підживлення. Як видно з даних таблиці, статистично значуще зростання врожайності бульб картоплі в середньому за 3 роки досліджень спостерігалось за умов обприскування насаджень розчином ЕДТА у фазі сходів

Таблиця 2

**Температура та опади за період 2014–2016 рр. на метеостанції м. Овруч**

Показники	Квітень			Травень			Червень			Липень		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
2014												
Температура, °C	6,3	8,9	13,8	11,3	15,8	19,7	19,4	15,8	15,4	18,4	21,5	22,2
Опади, мм	13,6	8,6	0,3	30,2	70	15	38,5	13	10,7	85,5	37,9	–
ГТК Селянінова	–	–	0,02	2,67	4,43	0,76	1,98	0,82	0,69	4,65	1,76	–
2015												
Температура, °C	3,8	7,9	12,0	12,1	13,0	17,7	19,6	19,2	18,5	21,4	17,7	20,2
Опади, мм	7	21	7	29	9	3	–	18	0,6	12	11	12
ГТК Селянінова	–	–	0,58	2,40	0,69	0,17	–	0,94	0,03	0,56	0,62	0,59
2016												
Температура, °C	11,3	11,9	9,3	14,4	12,4	17,4	16,1	18,9	23,8	19,3	21,6	21,7
Опади, мм	16	21	8	9	55	26	3	24	0	3	37	38
ГТК Селянінова	1,42	1,76	–	0,63	4,44	1,49	0,19	1,27	0,00	0,16	1,71	1,75

Таблиця 3

**Урожайність бульб картоплі (2014–2016 рр.), М±SD, т/га**

Варіанти	Фази росту та розвитку на час обприскування*			
	сходи	стеблування	бутонізації-цвітіння	дозрівання
2014				
Контроль	12,57±4,39 <sup>a</sup>	12,57±4,39 <sup>a</sup>	12,57±4,39 <sup>a</sup>	12,57±4,39 <sup>a</sup>
Zn	10,46±3,62	15,38±4,07 <sup>b</sup>	9,86±3,08	14,86±3,89 <sup>b</sup>
Mn	12,11±1,93	16,29±4,20 <sup>b</sup>	21,39±3,67 <sup>b</sup>	14,96±2,18 <sup>b</sup>
EDTA	17,57±3,36 <sup>b</sup>	17,89±2,22 <sup>b</sup>	14,00±3,06	17,25±3,79 <sup>b</sup>
2015				
Контроль	10,52±1,37 <sup>a</sup>	10,52±1,37 <sup>a</sup>	10,52±1,37 <sup>a</sup>	10,52±1,37 <sup>a</sup>
Zn	10,68±1,71	10,83±3,48	9,32±1,55	9,48±1,29
Mn	10,05±2,90	12,41±2,07 <sup>b</sup>	12,70±1,06 <sup>b</sup>	9,86±1,52
EDTA	14,63±1,25 <sup>b</sup>	14,43±2,54 <sup>b</sup>	11,04±2,21	12,68±1,51 <sup>b</sup>
2016				
Контроль	12,77±1,11	12,77±1,11 <sup>a</sup>	12,77±1,11	12,77±1,11
Zn	13,04±2,50	13,75±3,53	11,63±2,12	10,29±3,64
Mn	10,54±2,49	12,07±0,71	12,70±2,56	11,04±2,60
EDTA	13,36±1,43	21,25±4,10 <sup>b</sup>	11,39±2,23	9,07±0,62
2014-2016				
Контроль	11,95±2,69 <sup>a</sup>	11,95±2,69 <sup>a</sup>	11,95±2,69 <sup>a</sup>	11,95±2,69
Zn	11,39±2,75	13,36±3,75 <sup>b</sup>	10,27±2,35	11,54±3,78
Mn	10,90±2,42	13,59±3,18 <sup>b</sup>	15,60±4,91 <sup>b</sup>	11,95±3,00
EDTA	14,57±2,58 <sup>b</sup>	16,71±4,25 <sup>b</sup>	12,71±2,71	11,68±3,66

\* числа з різними літерами індексів є статистично значущими (p < 0,05).

Таблиця 4

**Коефіцієнти кореляції між величинами переходу  $^{137}\text{Cs}$  із ґрунту в бульби картоплі (КП) та коефіцієнтами накопичення (КН) мікроелементів бульбами картоплі з ґрунту, n = 13**

	Fe	K	Mn	Cu	Zn	B
$^{137}\text{Cs}$ , КП ( $\text{м}^2 \text{кг}^{-1}$ ) : КН ( $\text{мг кг}^{-1}$ у бульбах / $\text{мг кг}^{-1}$ у ґрунті)	0,48	0,52	0,56	0,62	0,63	-0,05

Таблиця 5

**Коефіцієнти кореляції між величиною активності концентрації  $^{137}\text{Cs}$  у бульбах (А) та концентрацією в ній окремих макро- та мікроелементів (С), n = 13**

	Fe	K	Mn	Cu	Zn	B
$^{137}\text{Cs}$ , А ( $\text{Бк кг}^{-1}$ ) : С, ( $\text{мг кг}^{-1}$ у бульбах)	0,21	0,06	0,22	0,33	0,33	-0,14

Таблиця 6

**Коефіцієнти кореляції між величинами врожайності бульб картоплі (У) і концентрацією в ній окремих макро- та мікроелементів (С), n = 13**

	Fe	K	Mn	Cu	Zn	B
У, ( $\text{т га}^{-1}$ ) : С ( $\text{мг кг}^{-1}$ у бульбах)	-0,72	-0,12	-0,62	-0,25	-0,49	-0,22

( $\approx 20\%$ ) та стеблуння ( $\approx 40\%$ ). Обприскування насаджень у фазі стеблуння виявилось ефективним за умов використання як розчину сульфату цинку, так і розчину сульфату мангану. Приріст урожаю бульб картоплі при цьому становив приблизно 14%. У разі обприскування насаджень картоплі у фазі бутонізації-цвітіння статистично значуще зростання врожаю бульб ( $\approx 30\%$ ) спостерігалось лише у випадку з розчином сульфату мангану. Удобрення насаджень картоплі розчинами досліджуваних елементів у фазі дозрівання бульб не впливало на величину їх урожаю (табл. 3). Результати отримані нами добре узгоджуються з аналогічними дослідженнями, проведеними майже одночасно в Польщі (із тим же сортом картоплі) (Ноаема, 2018).

Як видно з таблиці 2, погодні умови в роки проведення досліджень значно відрізнялись (як за значеннями температури, так і за кількістю опадів). У 2015 році погодні умови були особливо несприятливими для росту та розвитку рослин (зокрема, тривалий засушливий період). Так, якщо у 2014 та 2016 роках у період із початку травня до кінця липня випало 300 та 195 мм опадів відповідно, у 2015 році за той же період їх випало лише 95 мм. Особливо засушливими в цьому році були друга та третя декади, а також перша декада червня (за цей період на тлі високих середньомісячних температур випало всього 11 мм опадів). Показники гідротермічного коефіцієнта (далі – ГТК) Селянінова протягом другої половини травня та першої червня ( $< 0,4$ ) характеризують такий стан погоди, як дуже сильну посуху (табл. 2).

Дані таблиці 3 свідчать про негативний вплив таких засушливих умов на ефективність позакореневого підживлення насаджень картоплі досліджуваними елементами. У 2014 році приріст урожаю бульб забезпечувало обприскування розчином цинку у фазі стеблуння та дозрівання на 27 та 20% відповідно. Обприскування розчином мангану у фазі стеблуння, бутонізації-цвітіння та дозрівання підвищувало врожайність бульб на 30, 70 та 19% відповідно. Позакореневе удобрення рослин картоплі розчином ЕДТА підвищувало врожайність бульб на  $\approx 5$  т із 1 га, або 40% (порівняно з контролем під час обприскування насаджень у всі фази росту та розвитку).

У засушливому 2015 році ефект від позакореневого підживлення насаджень картоплі розчином цинку не спостерігався: врожайність бульб картоплі контрольного та дослідного варіантів були в межах похибки. За умов обприскування насаджень розчином мангану врожайність бульб дослідного варіанта зростала на  $\approx 2$  т на 1 га, або 20% (за умов підживлення у фазі стеблуння та бутонізації-цвітіння). Хелатні форми мікроелементів (ЕДТА) підвищували врожайність бульб на  $\approx 40\%$  (під час обприскування насаджень у фазі сходів та стеблуння) та на  $\approx 20\%$  (під час обприскування у фазі дозрівання).

У 2016 році хелатні форми мікроелементів підвищували врожайність бульб на понад 8 т на 1 га, або 66% (за умов обприскування насаджень у фазі стеблуння, тоді як обприскування водними розчинами цинку та мангану не забезпечували приріст урожаю бульб).

З огляду на вищенаведене, можна стверджувати, що позакореневе підживлення насаджень картоплі водними розчинами цинку та мангану, особливо їх хелатними формами – комплексо-натами металів (УДТА), за умов вирощування її на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах забезпечує 25–30% приріст урожаю бульб. Результати також свідчать, що підживлення рослин краще проводити у фазі стеблуння.

У результаті проведених досліджень також встановлено залежності між величинами переходу цезію-137 з ґрунту в бульби картоплі (КП) та коефіцієнтами накопичення (КН) бульбами картоплі окремих мікроелементів з ґрунту (табл. 4).

Як видно з наведених даних, між величинами переходу радіонукліду з ґрунту в бульби картоплі та величинами переходу мікроелементів з ґрунту в бульби картоплі зв'язок помірний, окрім бору, для якого такий зв'язок відсутній. Дані показують, що надходження мікроелементів з ґрунту в бульби картоплі, досліджувані в роботі, відбувається незалежно від величини надходження в бульби радіонукліду.

У таблиці 5 наведено коефіцієнти кореляції між величиною активності концентрації в бульбах картоплі (А) цезію-137 та окремих макро- та мікроелементів (С).

Як видно з даних таблиці, між активністю концентрації радіонукліду в бульбах картоплі та вмістом у них окремих макро- та мікроелементів також відсутній зв'язок, що також підтверджує гіпотезу про відсутність безпосередньої взаємодії між радіонуклідом та досліджуваними елементами.

У таблиці 6 наведені коефіцієнти кореляції між величинами врожайності бульб картоплі (У) і концентрацією в ній окремих макро- та мікроелементів (С).

Отже, як слідує з даних таблиці, величини врожайності бульб картоплі не корелюють із концентрацією у них макро- та мікроелементів. Така залежність характерна для досліджуваних нами елементів – цинку та мангану, а також заліза. Аналогічне зниження вмісту мікроелементів у бульбах картоплі, як-от мідь, цинк та манган, за умов унесення цих елементів у ґрунт також спостерігалось в інших дослідях (Baranowska, 2017). Отже, підвищення врожайності бульб картоплі за умов позакореневого їх удобрення розчинами цинку та мангану не пов'язане зі збільшеним надходженням останніх у бульби, до того ж спостерігається достовірне зниження їх концентрації в бульбах дослідних варіантів на час збирання урожаю (порівняно з рослинами контрольного варіанта). Очевидно, що збільшення маси бульб за умов удобрення мікроелементами призводить до зниження їх концентрації на одиницю маси речовини.

**Висновки.** Результати досліджень позакореневого підживлення насаджень картоплі на дерново-середньопідзолистих глеюватих супіщаних ґрунтах Полісся розчинами цинку, мангану та їх хелатованими формами (ЕДТА) показали таке:

- урожайність бульб картоплі в результаті удобрення, як правило, підвищується, хоча цей ефект залежить, зокрема, від погодних умов вегетації;
- обприскування насаджень картоплі доцільно проводити в першій половині вегетації у фазі стеблуння;
- між концентрацією мікроелементів у бульбах картоплі та надходженням цезію-137 у бульби залежності відсутні;
- концентрація цинку та мангану в бульбах картоплі в результаті удобрення, як правило, знижується, ймовірно, внаслідок ефекту «розбавлення».

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. FAO Statistical Yearbook – World Food and Agriculture, 2020, Rome, Italy 366 p.
2. Badillo-Feliciano J., Lugo-Lopes M. A. Differential response of corn and sweetpotatoes to Zn applications in an Oxisol in northwestern Puerto Rico. *Journal of Agriculture of University of Puerto Rico*. 1979. Vol. 103. P. 483–488.
3. Hiller L.K. Foliar Fertilization Bumps Potato Yields in Northwest: Rate and Timing of Application, Plus Host of Other Considerations, Are Critical in Applying Foliars to Potatoes Fluid Journal. 1995. № 10. P. 28–30.
4. Walworth J.L. Crop production and soil management series. Field Crop Fertilizer Recommendations for Alaska Potatoes. 1998, FGV-00246A.
5. Mousa M.A.A. Effect of zinc plus manganese foliar application on potato performance and quality. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*. 2009. Vol. 40. P. 17–35.
6. Mousavi S.R. Galavi M., Ahmadvand G. Effect of zinc and manganese foliar application on yield, quality and enrichment on potato (*Solanum tuberosum* L.) Faisalabad, Pakistan. *Asian Journal of Plant Sciences*. 2007. Vol. 6. P. 1256–1260.

7. Barben S., Nichols B.A., Hopkins B. G., Jolley V. D. et al., Phosphorus and zinc interactions in potato. *Western Nutrient Management Conference*. 2007. Vol. 7. Salt lake city, UT, P. 219–223.
8. Noaema A., Sawicka B. Using the spray of macro- and micronutrients of fertilizers to increase the productivity of potato tubers (*Solanum tuberosum* L.). *Mechanization in agriculture*. 2018. Issue 2, P. 64–67.
9. Baranowska A., Zarzecka K., Gugala M., Mystkowska I. Contents of zinc, copper and manganese in potato tubers depending on the ways of application of the soil fertilizer UGmax. *Journal of Ecological Engineering*. 2017. Vol. 18(1), P. 99–106.